



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Tsutomu UMEHARA; Masaaki YAMAGUCHI; and Hiroki KINUHATA

Serial No.: 10/607,605 Group Art Unit: TBA

Filed: June 27, 2003 Examiner: TBA

For: APPARATUS AND METHOD FOR CONTROLLING EGR IN AN ENGINE

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

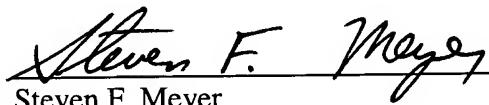
Application(s) filed in: Japan
In the name of: Kabushiki Kaisha Toyota Jidoshokki
Serial No(s): 2002-191061
Filing Date(s): June 28, 2002

Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) the duly certified copies of said foreign application.

A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. _____, filed _____.

Respectfully submitted,
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: September 29, 2003

By: 
Steven F. Meyer
Registration No. 35,613

Correspondence Address:

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, NY 10154-0053
(212) 758-4800 Telephone
(212) 751-6849 Facsimile

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application: 2002年 6月28日

出願番号

Application Number: 特願2002-191061

[ST.10/C]:

[JP2002-191061]

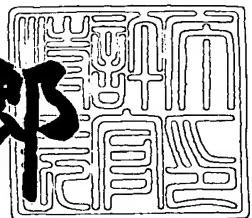
出願人

Applicant(s): 株式会社豊田自動織機
トヨタ自動車株式会社

2003年 4月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3027877

【書類名】 特許願
【整理番号】 PY20020120
【提出日】 平成14年 6月28日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F02M 25/07 550
F02D 21/08

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動
織機 内

【氏名】 梅原 努

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社
内

【氏名】 山口 正晃

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車 株式会社
内

【氏名】 衣畠 裕生

【特許出願人】

【識別番号】 000003218

【氏名又は名称】 株式会社 豊田自動織機

【特許出願人】

【識別番号】 000003207

【氏名又は名称】 トヨタ自動車 株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068755

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721048

【包括委任状番号】 9710232

【包括委任状番号】 0101646

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関のEGR制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段とを備えた内燃機関であって、

前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるときはEGR復帰制御を行い、該EGR復帰制御では、前記EGR弁を前記目標開度より小さい設定開度に設定時間だけ保持した後、前記目標開度に復帰させることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項2】 排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段と、前記排気通路に排出された排気により作動されて前記吸気通路に供給される吸気を過給する過給機とを備えた内燃機関であって、

前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるときはEGR復帰制御を行い、該EGR復帰制御では、EGRを一旦停止した後再開させる際、該EGR弁の上下流で一時的に過大となった差圧を低下させるのに必要な設定時間の遅れを伴って該EGR弁を目標開度に復帰させることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項3】 請求項2に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記設定時間は、急減速時に閉弁した前記EGR弁を再加速時に開弁させる際に過渡的に生じる前記EGR弁の上下流の過大な差圧を低下させるのに必要な所定時間に設定されていることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項4】 排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段と、前記排気通路に排出された排気により作動されて前記吸気通路に供給される吸気を過給する過給機とを備えた内燃機関であって、

前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるときはEGR復帰制御を行い、該EGR復帰制御では、前記過給機のタービンの慣性による回転追従遅れに起因して過渡的に発生する排気圧と吸気圧との過大な差圧を低下させるのに必要な設定時間の経過後に前記EGR弁を目標開度に復帰させることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記制御手段は、前記EGR復帰制御において前記EGR弁を目標開度に復帰させる前の前記設定時間の経過過程で、前記EGR弁を前記目標開度より小さく開く設定開度に制御することを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項6】 請求項1～5のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記EGR弁が全閉から目標開度に至る過程における開度変化には、時間に対して徐々に変化する徐変域が設定されていることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項7】 請求項1～5のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、前記EGR弁が全閉から目標開度に至るまでの開度変化には、前記EGR復帰制御時に前記EGR弁の開度を全閉から立ち上げた段階で目標開度より小さく開く一定の設定開度に保持する一定保持域と、該一定保持域の後に前記設定開度から前記目標開度に至るまで開度を徐々に変化させる徐変域とが設定されていることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項8】 請求項2～7のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記過給機は、前記制御手段により容量可変制御される可変容量ターボチャージャであることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項9】 請求項1～8のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記制御手段は、前記運転状態を検出する検出手段の検出値によって定まるそ

の時々の運転状態パラメータに応じて前記設定時間を設定することを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項10】 請求項1、5、7のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記制御手段は、前記運転状態を検出する検出手段の検出値によって定まるその時々の運転状態パラメータに応じて前記設定開度を設定することを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記制御手段は、前記EGR弁を目標開度に制御するフィードバック制御を行っており、前記EGR復帰制御中は前記フィードバック制御を禁止することを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、排気再循環装置（EGR装置）を備えた内燃機関のEGR制御装置に係り、特に排気再循環量を調節するEGR弁の開閉制御に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、例えば特開昭55-148950号公報、特開平10-238412号公報および特開2000-337172号公報には、排気再循環装置（EGR装置）を備えた自動車用エンジンが知られている。EGR装置は、循環通路上に設けられたEGRバルブを開くことで排気通路側のガスの一部をEGRバルブの上下流の差圧に基づいて吸気通路側へ循環させることで、内燃機関の燃焼室内における燃焼温度を低下させ、窒素酸化物（NO_x）の生成を抑制するように構成されている。

【0003】

また特開平8-270454号公報等には、車載用内燃機関において、排気通路側のタービン内に可変ベーンを備えた可変容量ターボチャージャと排気循環装

置が搭載されたものが開示されている。可変容量ターボチャージャは、可変ベーンの開度を変えることで低回転域でも過給圧が得られることから低回転域から高出力が得られる。

【0004】

ところで、EGRバルブを開弁させているときのEGR量は、EGRバルブ開度（すなわち開口断面積）と、EGRバルブの上下流の差圧（排気通路側の排気圧と吸気通路側の吸気圧との圧力差）によって決まる。そして、EGRバルブの目標開度を決めるフィードバック制御用の演算式は、EGRバルブの上下流の差圧が定常状態にあることを前提とし、この定常状態にあるときに適切なEGR量となるような目標開度が決まるように設定されていた。このため、電子制御ユニット（ECU）が排気再循環（EGR）を行うべきか否かを判定するEGR判定でオフからオンに切り替ると、EGRバルブは全閉状態（開度0%）から目標開度に開弁されることになっていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

例えば可変容量ターボチャージャを搭載するディーゼルエンジンにおいて、エンジンの高回転・高負荷状態からアクセルペダルを一旦開放した後、直ぐにアクセルペダルを踏込んで更に加速させた場合、アクセルペダルを開放したタイミングで閉弁するEGRバルブの上下流の差圧が、過大となる現象が起きる。

【0006】

このため、加速開始後のあるタイミングでは、過大な差圧のある状態でEGRバルブが全閉状態から開弁されることになるため、定常時に比べEGRガスが吸気系に過剰に還流することになり、結果、排気系から黒煙が放出するという問題があった。

【0007】

すなわち、アクセルペダルを開放すると、燃料噴射が停止するとともに、EGRバルブとスロットルバルブが閉弁する。可変容量ターボチャージャの可変ベーンも開き側に移動するような制御が開始されるが、フィードバック制御が採用される可変ベーンの反応は、アクセルペダルの踏込み量より直接的に制御される燃

料噴射量、スロットルバルブ、燃料噴射量と対応するEGRバルブ等より遅れる。このため、前記のいわゆる踏み直し動作程度では、時間が短いこともあり、可変ベーンは実際にはほとんど移動せず、実質的に閉じ側に維持される。

【0008】

アクセルペダルの開放が短時間であれば、エンジンは惰性で高回転が維持される。エンジンの高回転が維持された状態で、可変ベーンが閉じ側より移動せず、EGRバルブが閉弁するため、排気通路側の排気圧が上昇する。また、吸気通路側では、スロットルバルブが閉じ側に動くため、吸気通路内の吸気圧は低下する。このため、閉弁したEGRバルブを挟んだ上流側の排気圧と下流側の吸気圧との間に過大な差圧が発生する。

【0009】

そして、アクセルペダルの踏み直しにより加速を行った場合、過給圧が目標値に達するまで、更に、可変ベーンが閉じ側に維持される。吸気圧が目標値に達すれば、可変ベーンは開き側に移動するが、タービンロータの回転には慣性が働くため、回転上昇にはタイムラグが生じる。このような背景もあり、過大な差圧は直ぐには解消されない。このため、加速開始後のあるタイミングで、EGRバルブが全閉状態より開弁されると、EGRガスが過剰に吸気系に還流され、これが原因で排気系から黒煙が放出される場合があった。

【0010】

特に可変容量ターボチャージャを搭載するディーゼルエンジンで顕著な現象ではあるが、これに限らない。通常（固定容量型）のターボチャージャを搭載したディーゼルエンジンや、さらにターボチャージャを搭載しないディーゼルエンジンにおいても、運転状態を急変させるアクセルペダル操作がなされれば過渡的にEGR弁の上下流に過大な差圧が発生し、程度の違いこそあれ黒煙が発生するなど同様の問題はあった。

【0011】

本発明は上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、EGR装置を備えた内燃機関において、EGR弁を全閉状態から開弁させると、排気圧と吸気圧の差圧が定常時より過大であっても、吸気系へ過剰な排気が還流されるこ

とを抑え、例えば排気系からの黒煙の放出を少なく抑えることができる内燃機関のEGR制御装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項1に記載の発明では、内燃機関は、排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段とを備える。前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるとときはEGR復帰制御を行い、該EGR復帰制御では、前記EGR弁を前記目標開度より小さい設定開度に設定時間だけ保持した後、前記目標開度に復帰させる。

【0013】

この発明によれば、制御手段は、その時々の運転状態に応じた目標開度にEGR弁を制御する。但し、EGR弁を全閉状態から開弁させるとときはEGR復帰制御が行われる。EGR復帰制御では、目標開度より小さく設定された設定開度に設定時間だけ保持した後、目標開度に復帰させる。このため、EGR弁が全閉状態から開弁されるときに過渡的にEGR弁の上下流の差圧が定常状態のときの値より過大であっても、差圧が定常状態にあることを前提として決まる目標開度より小さい設定開度に保持されることにより、EGRガスが吸気通路側へ過剰に還流されなくなる。従って、燃焼室に噴射される燃料噴射量に必要な新気量に対してEGR量が過剰とならず（実EGR率が要求値を超えず）、例えば黒煙を放出するなどの問題が発生しにくくなる。

【0014】

請求項2に記載の発明では、内燃機関は、排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段と、前記排気通路に排出された排気により作動されて前記吸気通路に供給される吸気を過給する過給機とを備える。前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるとときはEGR復帰制御を行う

。該EGR復帰制御では、EGRを一旦停止した後再開させる際、該EGR弁の上下流で一時的に過大となった差圧を低下させるのに必要な設定時間の遅れを伴って該EGR弁を目標開度に復帰させることを要旨とする。

【0015】

この発明によれば、制御手段は、その時々の運転状態に応じた目標開度となるようにEGR弁の開度を制御する。但し、EGR弁を全閉状態から開弁させるとときにはEGR復帰制御が行われる。すなわち、EGRを一旦停止した後再開させる際、該EGR弁の上下流で一時的に過大となった差圧を低下させるのに必要な設定時間の遅れを伴ってEGR弁の開度を目標開度に復帰させる。従って、排気圧と吸気圧との過大な差圧が低下した状態で、EGR弁が目標開度に開かれるので、EGRガスが吸気系に過剰に還流されることが抑えられる。

【0016】

請求項3に記載の発明では、請求項2に記載の発明において、前記設定時間は、急減速時に閉弁した前記EGR弁を再加速時に開弁させる際に過渡的に生じる前記EGR弁の上下流の過大な差圧を低下させるのに必要な所定時間に設定されている。

【0017】

この発明によれば、請求項2に記載の発明の作用に加え、急減速時に閉弁（全閉）したEGR弁を再加速時に開弁させるEGR復帰制御時には、急減速時に閉弁したEGR弁を再加速時に開弁させる際に過渡的に生じたEGR弁の上下流の過大な差圧を低下させるのに必要な設定時間（所定時間）の遅れを伴ってEGR弁を目標開度に復帰させる。従って、急減速時に閉弁したEGR弁を再加速時に開弁する際は、排気圧と吸気圧との差圧が低下してから、EGR弁が目標開度に開かれるので、EGRガスが吸気系に過剰に還流されることがなくなる。

【0018】

請求項4に記載の発明では、内燃機関は、排気通路と吸気通路とを連通する排気循環通路を通って還流されるEGR量を調節するEGR弁を備えたEGR装置と、前記EGR弁の開度を制御する制御手段と、前記排気通路に排出された排気により作動されて前記吸気通路に供給される吸気を過給する過給機とを備える。

前記制御手段は、前記EGR弁をその時々の運転状態に応じた目標開度に制御するとともに、該EGR弁を全閉状態から開弁させるとときはEGR復帰制御を行い、該EGR復帰制御では、前記過給機のタービンの慣性による回転追従遅れに起因して過渡的に発生する排気圧と吸気圧との過大な差圧を低下させるのに必要な設定時間の経過後に前記EGR弁を目標開度に復帰させる。

【0019】

この発明によれば、制御手段は、その時々の運転状態に応じた目標開度にEGR弁を制御する。但し、EGR弁を全閉状態から開弁させるとときはEGR復帰制御を行う。すなわち、過給機のタービンの慣性による回転追従遅れに起因する排気圧と吸気圧との差圧が低下するのに必要な設定時間の経過後にEGR弁を目標開度に復帰させる。従って、排気圧と吸気圧との過大な差圧が低下した状態で、EGR弁が目標開度に開かれるので、EGRガスが吸気系に過剰に還流されることがなくなる。

【0020】

請求項5に記載の発明では、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記EGR復帰制御において前記EGR弁を目標開度に復帰させる前の前記設定時間の経過過程で、前記EGR弁を前記目標開度より小さく開く設定開度に制御することを要旨とする。なお、設定開度は一定でも可変でもよい。

【0021】

この発明によれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、EGR弁が全閉から目標開度に至る前の設定時間の経過過程において、EGR弁は目標開度より小さく開く設定開度に制御される。EGR弁が目標開度より小さな設定開度で開かれることで、開いたEGR弁を通じて過剰とならない程度の排気（EGRガス）が吸気系へ流れることになり、この期間もEGRの実施によってNOx低減に寄与できるうえ、排気圧と吸気圧の差圧が早期に定常状態に戻る。従って、EGR復帰制御によってEGR弁の開度を目標開度より抑えるもののNOx低減には寄与し、しかもEGR復帰制御を早期に終了して、早期に通常のEGRに復帰できる。

【0022】

請求項6に記載の発明では、請求項1～5のいずれか一項に記載の発明において、前記EGR弁が全閉から目標開度に至る過程における開度変化には、時間に対して徐々に変化する徐変域が設定されていることを要旨とする。

【0023】

この発明によれば、請求項1～5のいずれか一項の発明に加え、EGR弁が全閉から目標開度に至る過程の徐変域では開度が時間に対して徐々に変化する。従って、目標開度に徐々に近づくことで（但し、途中で一時的に開度が目標開度から離れても構わない）、EGR復帰制御から通常のEGR制御にスムーズに復帰できる。

【0024】

請求項7に記載の発明では、請求項1～5のいずれか一項に記載の発明において、前記EGR弁が全閉から目標開度に至るまでの開度変化には、前記EGR復帰制御時に前記EGR弁の開度を全閉から立ち上げた段階で目標開度より小さく開く一定の設定開度に保持する一定保持域と、該一定保持域の後に前記設定開度から前記目標開度に至るまで開度を徐々に変化させる徐変域とが設定されていることを要旨とする。

【0025】

この発明によれば、請求項1～5のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、EGR復帰制御時にEGR弁の開度を全閉から立ち上げた段階の一定保持域において、目標開度より小さな一定の設定開度に開いて保持される。そして一定保持域後の徐変域において設定開度から徐々に開度を変化させて目標開度に至る。従って、一定保持域が存在することによって過剰とならない程度の排気が吸気系へ流入し排気圧と吸気圧の差圧が早期に定常圧に安定するとともに、徐変域が存在することによって目標開度にスムーズに復帰できる。

【0026】

請求項8に記載の発明では、請求項2～7のいずれか一項に記載の発明において、前記過給機は、前記制御手段により容量可変制御される可変容量ターボチャージャであることの要旨とする。

【0027】

この発明によれば、請求項2～7のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、過給機が可変容量ターボチャージャであると、その機構上、EGR復帰過程においてEGR弁の上下流に定常時より過大となる差圧が過渡的に発生し易い。従って、可変容量ターボチャージャを搭載する内燃機関に適用することによりEGR復帰制御の効果を十分發揮でき、EGR復帰時に排気が吸気系へ過剰に還流される不都合をより効果的に回避できる。

【0028】

請求項9に記載の発明では、請求項1～8のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記運転状態を検出する検出手段の検出値によって定まるその時々の運転状態パラメータに応じて前記設定時間を設定することを要旨とする。

【0029】

この発明によれば、請求項1～8のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、設定時間は、検出手段の検出値によって定まるその時々の運転状態パラメータに応じた可変な値に設定される。従って、その時々の運転状態に応じて適切な設定時間がきめ細かく設定されることにより、例えば最も過酷な条件を考慮して長めの一定値（時間）を設定したときに問題となる、EGR復帰制御を終了させてよいのに終了されない不都合を解消できる。

【0030】

請求項10に記載の発明では、請求項1、5、7のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記運転状態を検出する検出手段の検出値によって定まるその時々の運転状態パラメータに応じて前記設定開度を設定することを要旨とする。

【0031】

この発明によれば、請求項1、5、7のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、設定開度は、検出手段の検出値によって定まるその時々に運転状態パラメータに応じた可変な値に設定される。従って、その時々の運転状態に応じて適切な設定開度がきめ細かく設定されることにより、例えば最も過酷な条件を考慮して

小さめの一定値（開度）を設定したときに問題となる、排気再循環量（EGRガス量）がもっと多くてもよいのに制限される不都合を解消できる。

【0032】

請求項11に記載の発明では、請求項1～10のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記EGR弁を目標開度に制御するフィードバック制御を行っており、前記EGR復帰制御中は前記フィードバック制御を禁止することを要旨とする。

【0033】

この発明によれば、請求項1～10のいずれか一項に記載の発明の作用に加え、EGR復帰制御中はフィードバック制御を禁止される。つまり、EGR復帰制御はオープンループ制御で行われる。EGR復帰制御中はEGR量が安定しにくいために新気量がばらつき易いが、これが原因でフィードバック制御（例えばPID制御）の補正值（例えばPID制御における積分項など）が誤学習されることが回避される。例えば、この種の誤学習によって引き起こることが懸念されるEGR弁のリフト弁などのハンチング現象などの不具合を回避できる。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明を自動車用のディーゼルエンジンに適用した一実施形態を図1～図5に基づいて説明する。なお、本実施形態は、可変容量ターボチャージャおよび排気循環装置を搭載した自動車のディーゼルエンジンにおいて適用される。

【0035】

図1はディーゼルエンジンシステムの概略構成図である。ディーゼルエンジンシステムは、内燃機関としてのディーゼルエンジン1と、燃料噴射ポンプ2と、ディーゼルエンジン1および燃料噴射ポンプ2を電子制御する電子制御ユニット(ECU)3とを備えている。なお、ECU3は制御手段を構成する。

【0036】

ディーゼルエンジン1には、ピストン10、シリンダ11A及びシリンダヘッド12によって各気筒毎に燃焼室13が形成されている。燃料噴射ノズル14はそのノズル部を燃焼室13に露出させた状態でシリンダヘッド12に設けられ、

燃料通路（図示せず）を通じて燃料噴射ポンプ2から圧送された燃料が燃料噴射ノズル14から燃焼室13内へ噴射される。ピストン10は燃焼室13での吸気・圧縮行程後の爆発から得られる推進力によってシリンダ11A内を往復運動し、ピストン10の往復運動がコンロッド15を介してクランクシャフト（出力軸）16の回転運動に変換されて出力が得られる。また、エンジン1には吸気ポートに繋がる吸気通路17と、排気ポートに繋がる排気通路18がそれぞれ接続されている。

【0037】

ディーゼルエンジン1には、低速から十分な過給を確保して低速トルクの向上を図るために、過給機としての可変容量ターボチャージャ（バリヤブルノズルターボチャージャ）20が搭載されている。可変容量ターボチャージャ20は、排気通路18に設けられたタービン21と、吸気通路17に設けられたコンプレッサ22とを備え、タービン21に生じる回転トルクを駆動源としてコンプレッサ22を駆動させ、空気を吸気通路17へ圧送する。コンプレッサ22には排気通路18に排出された排気ガスの圧力および可変ベーンの開き角から決まる排気流速に応じた回転トルクが付与され、このコンプレッサ22の駆動により所定圧力（過給圧）の空気がディーゼルエンジン1の吸気系に過給される。

【0038】

タービン21の内部には、タービン21内の排気ガスの流速を可変させる可変ベーン（ノズルベーン）23が、ロータ（図示省略）の外周に沿って開閉動作可能に複数配設されている。複数の可変ベーン23はアクチュエータ24によって作動されるように構成されている。

【0039】

可変容量ターボチャージャ20は、ダイヤフラムをアクチュエータ24とする負圧作動式である。アクチュエータ24は負圧調整弁（エレクトリック・バキューム・レギュレーティング・バルブ（EVRV））25を介して負圧源としてのバキュームポンプ（図示省略）に接続されている。このバキュームポンプから導かれた負圧を負圧調整弁25で調整することで、可変ベーン23は開き側または閉じ側へ作動し、これにより可変ベーン23の開度（VN開度）が変更される。

可変ベーン23の開度が変更されることでタービン21を通過する排気ガスの流速が調節されるとともに、吸気通路17の過給圧が変化する。例えば可変ベーン23を閉じ側へ作動させることでコンプレッサ22の駆動力は上昇してより高い過給圧が得られ、一方、可変ベーン23を開き側へ作動させることでコンプレッサ22の駆動力は低下して過給圧は低下する。可変容量ターボチャージャ20では、エンジンの運転状態に基づきベーン開度（VN開度）を制御することで、常に最適な過給圧が得られ、これにより低速域のトルクと発進性能の向上が図られる。

【0040】

また、ディーゼルエンジン1には排気再循環装置（EGR装置）30が搭載されている。EGR装置30は排気の一部を吸気系に還流させることで、燃焼室13内の燃焼温度を低下させて排気中に含まれる窒素酸化物（NOx）を低減させる。排気通路18のタービン21の上流側と、吸気通路17のコンプレッサ22の下流側との間には、排気通路18と吸気通路17とを連通する排気循環通路31が設けられている。この排気循環通路31には、該通路31の連通状態を制御するEGR弁としてEGRバルブ32が設けられている。EGRバルブ32はアクチュエータ33としてダイヤフラムが使用された負圧作動式で、アクチュエータ33は通路34を通じて負圧切替弁（バキューム・スイッチング・バルブ（VSV））35と負圧調整弁（EVRV）36の各出力ポートに接続されている。負圧調整弁36はデューティ制御により開度調整される三方式の電磁弁であり、その入力ポートはバキュームポンプ（図示せず）に通じ、その大気ポートは大気圧に開放されている。負圧調整弁36はEGRバルブ32の開度（EGRバルブ開度）を連続的に調整する。負圧切替弁35の入力ポートには大気圧が導入されており、負圧切替弁35が大気導入位置に切り替えられるとEGRバルブ32は全閉する。

【0041】

ディーゼルエンジン1および燃料噴射ポンプ2には、エンジン負荷や運転状態等を検出する検出手段として各種センサが設けられている。ディーゼルエンジン1のシリンダーブロック11には、クランクシャフト16の位置を検出するクラン

ク角センサ41と、エンジン1における水温Twを検出する水温センサ42が設けられている。

【0042】

吸気通路17の入口に設けられたエアクリーナ43の下流側には、吸入空気量を検出するエアフローメータ44と、大気温度を検出する大気温センサ45とが設けられている。

【0043】

吸気通路17においてコンプレッサ22の下流側位置にはインタークーラー46およびインテークヒータ47が設けられている。吸気通路17にはインタークーラー46の下流側位置にスロットルバルブ48が設けられている。スロットルバルブ48はスロットルモータ（電動モータ）49によって作動する電動式であり、アクセルペダル50の踏込量を検出するアクセル開度センサ51の検出値に基づきスロットルモータ49が駆動制御されることによりスロットル開度が調整され、これにより燃焼室13へ吸入される空気量が調整される。なお、スロットルモータ49はスロットル全開位置を検知する全開スイッチ（図示せず）を内蔵しており、スロットル全開時には全開スイッチから全開検知信号が出力される。また、アクセルペダル50が踏み込まれていないアクセル全閉位置にあることを検出するアクセル全閉スイッチ52が設けられている。

【0044】

吸気通路17においてインテークヒータ47の下流側位置には、吸気温度を検出する吸気温センサ53が設けられている。また、吸気通路17において吸気温センサ53の近傍位置には負圧切替弁（VSV）54の出力ポートが接続されており、負圧切替弁（VSV）54の出力ポートに導入される圧力を検出することで吸気圧（過給圧）を検出する吸気圧センサ55が設けられている。吸気圧センサ55は負圧切替弁54が切替えられることにより、エンジン1の過給圧Pbまたは大気圧Paを検出する。なお、大気温の低い冬期などにはインテークヒータ47によって吸気が加熱される。またインタークーラー46はタービン21によって圧縮され熱をもった空気を冷して空気密度を上げるための熱交換器（冷却装置）として機能する。

【0045】

また、本実施形態のディーゼルエンジン1では、吸気ポートは内部にて2分岐しており、片方がヘリカルポート、他方がタンデンシャルポートとして形成されているとともに、タンデンシャルポート側にはスワールコントロールバルブ(SCV)56が設けられている。SCV56は負圧切替弁(VSV)57の切替えによって負圧により開閉作動される負圧作動式である。負圧によって開閉するSCV56が片方の通路を開閉する機構で、例えば低速走行している低負荷時はSCV56がタンデンシャルポートを閉じて吸気ポートが狭くなるために、ヘリカルポート側からの吸気の流速が増し、強い空気の渦(スワール)が燃焼室13に発生することで、燃焼効率が向上する。またアクセル全開の高負荷時にはSCV56が開いて吸気量が増して高出力が得られるようになっている。

【0046】

一方、燃料噴射ポンプ2はエンジン1の出力軸からの回転入力によって駆動されるようになっており、燃料噴射量を調整するための電磁スピル弁60および燃料噴射時期を制御するためのタイマ装置(タイマコントロールバルブ(TCV)61)を備えている。電磁スピル弁60の電磁制御時の通電時間が制御され溢流量(スピル量)が調整されることにより、燃料噴射ノズル14から噴射される燃料噴射量が調整される。また、タイマ装置61がデューティ制御されてポンプハウジング内を往復動するプランジャの始動時期が調整されることにより燃料噴射時期が決定される。また、燃料噴射ポンプ2にはエンジン回転速度NEを検出するエンジン回転速度センサ62と、ポンプ2内の燃料温度を検出する燃料温度センサ63が設けられている。もちろんコモンレール式の燃料噴射システムを採用する構成でも構わない。

【0047】

また、排気通路18にはタービン21の下流側位置に排気清浄装置(酸化触媒)65やディーゼルパティキュレートフィルタ(図示せず)等が設けられ、排気清浄装置65により未燃ガス等が酸化されることで排気ガスの清浄化が図られる。

【0048】

クランク角センサ41、水温センサ42、エアフローメータ44、大気温センサ45、アクセル開度センサ51、アクセル全閉スイッチ52、吸気温センサ53、吸気圧センサ55、エンジン回転速度センサ62および燃料温度センサ63は、いずれもECU3の入力側（入力インターフェイス）に接続されている。各センサ類41, 42, 44, 45, 51, 52, 53, 55, 62, 63により検知されたデータはECU3に入力される。

【0049】

負圧調整弁（EVRV）25, 36、負圧切替弁（HSV）35, 54, 57、スロットルバルブ48、電磁スピル弁60およびタイマ装置（TCV）61は、ECU3の出力側（出力インターフェイス）にそれぞれ電気的に接続されている。ECU3は各センサ類41, 42, 44, 45, 51, 52, 53, 55, 62, 63から出力される検出信号に基づいて負圧調整弁（EVRV）25, 36、負圧切替弁（HSV）35, 54, 57、スロットルバルブ48（スロットルモータ49）、電磁スピル弁60およびタイマ装置61を好適に制御する。

【0050】

ECU3はマイクロコンピュータ（以下「マイコン」と称す）70を内蔵する。マイコン70にはメモリ（ROMおよびRAM）71を備える。

メモリ71には、各種センサ類41, 42, 44, 45, 51, 52, 53, 55, 62, 63等から入力された検出値から把握される運転状態パラメータに基づいて、エンジン制御のために指令すべき各種指令値（制御値）の決定に用いられるマップ等が記憶されている。例えばEGR判定やEGRバルブ開度（リフト量）（%）、可変容量ターボチャージャ20の制御指令値、燃料噴射量、スロットル開度などを決めるマップ等が含まれる。

【0051】

本実施形態ではEGRバルブ32の開度を調整する制御はフィードバック制御により行われる。ECU3に内蔵されたメモリ71にはEGRバルブ開度制御（フィードバック制御）を行うためのプログラムが記憶されている。本実施形態ではフィードバック制御としてPID制御を採用している。毎回の制御において各種検出値（エンジ回転速度NE、スロットル開度など）に基づき燃料噴射量Qv

が決まり、この燃料噴射量 Q_v から必要な吸入空気量 G_A が決まり、さらに必要な空燃比が確保される範囲で所定の目標 EGR 率（排気再循環量 / (排気再循環量 + 吸入空気量) (%)）が決まる。この目標 EGR 率が得られるように種々の要素を加味して予め設定された演算式に基づきフィードバック制御の目標開度（目標 EGR バルブ開度 (%)）は演算される。詳しくはエアフローメータ 44 により検出される吸入空気量 G_A に基づき目標 EGR 率が得られるように EGR バルブ開度 (%) を、フィードバック演算式 (PID 制御演算式) を用いて算出する。この演算式では、定常時の要求 EGR 率が得られるような目標 EGR バルブ開度 (%) が求められる。つまり、このフィードバック演算式は、EGR バルブ 32 の上下流の差圧 (図 1 における排気圧 P_{ex} と吸気圧 P_{sc} との差圧) が定常状態にあることを前提に設定された計算式である。

【0052】

図 2 は EGR 判定に使用するマップを示す。同図に示す EGR 判定マップを参考することにより、エンジン回転速度 N_E と燃料噴射量 Q_v との 2 つのパラメータに基づき EGR オン領域か EGR オフ領域かが判定される。同図において最大燃料噴射量 Q_{full} のライン近辺の高負荷領域は EGR オフ領域に設定され、中・低負荷領域は EGR オン領域に設定されている。また燃料噴射量 Q_v がほとんど「0」となる領域は EGR オフ領域に設定されている。つまり、高負荷域では高出力を得るために EGR は行われず、中・低負荷域では燃焼温度を低くして NO_x 低減を図るために EGR が行われ、燃料が噴射されないときは NO_x 発生の心配がないことから EGR は行われない。なお、このマップは EGR 判定の 1 つの条件に過ぎず、これ以外の条件もみて総合的に EGR 判定は行われる。

【0053】

本実施形態では、従来技術でも述べたように、エンジンの高速運転状態 → アクセルペダル開放 → 加速の過程 (図 2 における矢印で示す過程) をとるアクセルペダル操作がなされたとき、排気通路 18 と吸気通路 17 との差圧が過渡的に定常時より過大となり、EGR バルブ 32 を開弁したときに EGR 量が過剰になり易い。これは、エンジンの高速運転状態で、アクセルペダル 50 を開放する操作がなされると、燃料噴射ノズル 14 からの燃料噴射が停止されて EGR が停止 (E

G R オフ) され、E G R バルブ3 2 は閉弁する。なお、タービン2 1 の可変ベーン2 3 も、アクセルペダル5 0 を開放操作により開き側に移動することになるが、フィードバック制御が採用される可変ベーン2 3 の反応は、アクセルペダル5 0 の踏込み量より直接的に制御される燃料噴射ノズル1 4 、燃料噴射量と対応するE G R バルブ3 2 等より遅れる。このため、アクセルペダル5 0 が開放される時間が十分に短ければ、実質的に可変ベーン2 3 は閉じ側より動かない。E G R バルブ3 2 が閉弁したことにより排気は全てタービン2 1 を経由することになるうえ、タービン2 1 の可変ベーン2 3 は閉じ側より動かないので、タービン2 1 の背圧が高まることによって、排気通路1 8 内の排気圧が高まる。一方、吸気通路1 7 では、エンジン1 が惰性高速回転する状態で、スロットルバルブ4 8 が閉じ側に作動されたため、吸気通路1 7 内の吸気圧は降下する。

【0054】

そして短時間でアクセルペダル5 0 が再び踏み込まれ加速操作がされると、吸気通路1 7 内の吸気圧(過給圧)が目標値に達するまで、可変ベーン2 3 は閉じ側に維持される。タービンロータの回転上昇により吸気圧が目標値に達すれば、可変ベーン2 3 は開き側に移動するが、タービンロータの回転には慣性が働くため、回転上昇にはタイムラグが生じる。このため、可変ベーン2 3 はすぐには開き側に移動せず、また、吸気通路1 7 内の吸気圧もすぐには上昇しない。更に、アクセルペダル5 0 が再び踏み込まれたことにより燃料噴射が再開されたため、排気通路1 8 内の排気圧は上昇する。このため、排気通路1 8 と吸気通路1 7 の間に過渡的に定常時より過大な差圧が生じることになる。

【0055】

このように排気通路1 8 と吸気通路1 7 との間に定常時より過大な差圧が生じたタイミングで、アクセルペダル5 0 の加速操作によってE G R 判定がオンし、E G R バルブ3 2 が目標開度に一気に開弁されたとすると、E G R ガスが吸気系へ過剰に還流される不都合が発生する。つまり、E G R 量は、排気圧と吸気圧の差圧と、E G R バルブ開度(リフト量)(%) (通過断面積) とから決まるため、E G R バルブ開度(%) が適切であっても、排気圧と吸気圧との差圧が過大であった場合は、E G R 量が過剰となって黒煙の放出が心配される。そこで、この

実施形態では、上記のような過酷なアクセル操作がなされたときの黒煙防止対策として、EGRバルブ32を全閉から開弁する過程において以下のEGR復帰制御を採用している。

【0056】

図3は、EGR復帰制御の内容を示すグラフである。このグラフにおいて横軸は時間、縦軸はEGRバルブ開度（リフト量）（%）である。EGR復帰制御とは、EGRがオフからオンになったとき、EGRバルブ32を直ちに目標開度（今回の目標演算値）には開かず、目標開度に開くタイミングを、前記過酷なアクセル操作がなされても排気圧と吸気圧との差圧が定常時の値に十分収束すると見込まれる設定時間T0の間だけ待機し遅らせる制御である。

【0057】

本実施形態では、EGR復帰制御でEGRバルブ32の開度を設定開度に維持する時間（設定時間）は、例えば200～1000ミリ秒の範囲内の値（例えば500ミリ秒）に設定されている。この時間は、アクセルペダル50の操作でエンジン回転数の上下動が繰り返される過酷な条件下で、タービン21のロータの慣性による回転追従遅れに起因する吸気圧と排気圧の差圧が定常状態に安定復帰するまでの所要時間などから決められる。また、設計思想に応じて設定時間は決められるが、過酷な条件であっても黒煙を発生させない設計思想を本例では採用する。なお、設定時間T0は1秒以下が好ましいが、1秒を超えて構わない。

【0058】

また、EGRバルブ32の設定開度は、以下の考えに基づいて設定している。EGRバルブ32の設定開度は、一定の値に設定している。EGRバルブ32は負圧作動式であるため、エンジン回転速度NEによっては、負圧調整弁（EVRV）36の出力圧変動やEGRバルブ32の上下流の差圧変動が原因で、所定開度未満の小開度域ではチャタリングが起き、安定な開度を確保するための最低リフト量には限界がある。本例では、この種のチャタリングが起きないぎりぎりの値に設定開度を設定しており、設定開度は例えば全リフト量に対して10～20%程度の所定開度としている。もちろん設定開度は、黒煙の発生を抑制できる目標開度より小さな適宜な値で足り、リフト量を安定に維持できる安定領域内にお

ける下限付近の値に限定されるものではない。

【0059】

さらに設定開度は運転状態に応じて決まる可変の値を採用することもできる。例えば目標開度に対して一定の割合(%)の開度を設定したり、EGRオフからEGRオンに切り替わる前の所定時間(例えば0.5~2秒)内におけるエンジン負荷最大値に応じて決まる可変の値を設定することができる。つまり、運転状態パラメータ(例えば吸入空気量)を基に設定開度を決めることとし、なるべく定常時のEGR率が得られるようにその時々の運転状態に応じて設定開度を可変な値に設定することができる(請求項10)。同様に設定時間T₀についても、運転状態に応じて決まる可変の値を採用することもできる。つまり、運転状態パラメータ(例えば吸入空気量)を基に設定時間T₀を決めることとし、なるべく定常時の差圧に収束すればなるべく短時間でEGR復帰制御を終了できるようにその時々の運転状態に応じて設定時間を可変な値に設定することができる(請求項9)。なお、運転状態パラメータとして吸入空気量を採用する場合、エアフローメータ44が検出手段を構成する。もちろん、他の運転状態パラメータ(複数でも可)を用いて設定開度をその時々の運転状態に応じた可変の値として定めることもできる。

【0060】

ここで、EGRバルブ復帰制御においてEGRバルブ32を閉じた状態で待つのではなく、設定開度だけ開ける理由は2つある。1つは、黒煙を発生させない範囲内でEGRは実施し、EGRの実施によってNOx低減効果は維持するためである。つまり、排気再循環時期を遅らせるのではなく、EGR量を適切量に制御することでNOx低減は維持しつつ黒煙発生を小さく抑制する。また、他の1つの理由は、EGRバルブ32を閉じて待ってから開弁する方式であると、排気圧と吸気圧の差圧が定常状態に圧力バランスするまでに時間がかかる。そこで、EGRバルブ32を目標開度より小さな開度で開くことで排気を吸気通路17側に積極的に流入させ、排気圧と吸気圧の差圧を早期に定常状態に復帰させるためである。

【0061】

また、EGR復帰制御の実行期間は、誤学習を避けるためにフィードバックを禁止し、EGR復帰制御をオープンループ制御で行うようにしている。フィードバック制御はエアフローメータ44の流量（新気量）をみて行っているが、EGR復帰制御期間はEGR量が適合された値でないために新気量がばらつき、これが原因でPID制御において特に積分項の誤学習によって引き起こされると懸念されるハンチング現象を避けるためである。

【0062】

図4は、EGR復帰制御を説明するタイミングチャートである。同図に示された複数のグラフは、上段から順に、EGRバルブ開度（リフト量）の制御値（指令値）epegfin、判定フラグF、計時カウンタのカウント値T、EGR率（%）をそれぞれ時間に対して示したものである。

【0063】

最上段に示されたEGRバルブ開度の制御値epegfinのグラフにおいて、破線はフィードバック制御の際に使用される目標開度（目標EGRバルブ開度）を示す。また、このグラフには、一定リフト量に保持できる安定開度域には下限（チャタリング限界開度）epegofが定められている。チャタリング限界開度epegofよりもEGRバルブ開度が小さくなる領域では、負圧作動式であるEGRバルブ32にとってチャタリングが発生して安定な開度制御が事実上不能なため、EGRバルブ開度epegfinは0%（全閉）に設定される。また、チャタリング限界開度epegofには、詳しくはチャタリングを防ぐためのヒステリシスが設定され、EGRバルブ開度epegfinが上昇するときはチャタリング限界開度epegofの上限値が用いられ、EGRバルブ開度epegfinが下降するときはその下限値が用いられるようになっている。

【0064】

判定フラグFは、EGR復帰制御を実行すべきかどうかを判定するフラグである。判定フラグFがオフからオンに切り替わるとEGR復帰制御は開始され、判定フラグFがオンからオフに切り替わるとEGR復帰制御は終了される。このEGR復帰制御実行中は、EGRバルブ開度epegfinは、設定開度（epegof+EPEGRAD）に、設定時間Toの間だけ保持される。設定開度は、チャタリング限界開度e

pegofよりも所定の付加値EPEGRAD分だけ若干大きな値に設定されている（設定開度 = (epegof + EPEGRAD)）。また、設定時間Toは上述したように例えば500ミリ秒に設定されている。この設定時間Toは、計時カウンタのカウント値Tに基づき計時される。

【0065】

このEGR復帰制御の採用によって、この復帰制御開始初期のEGR率は、いつも定常時の要求EGR率以下（同図におけるハッチング領域A）の値に抑えられる。つまり、EGR率は、設定開度 (epegof + EPEGRAD) のうち付加値EPEGRADの値を適合させることで、過酷な運転条件でもEGR率が領域A内に収まるよう設定している。これに対し、フィードバック制御を採用したときは、定常時の要求EGR率（目標EGR率）から目標開度が決まる。この際、EGRバルブ32が目標開度に開弁されると、EGRバルブ32の上下流の過大な差圧により実際のEGR率が同図に示す領域Bの範囲内の値をとり、定常時の要求EGR率を超過することになって黒煙が発生することになる。これに対し、本実施形態のEGR復帰制御を採用した場合、実際のEGR率が定常時の要求EGR率以下に収まるようにEGRバルブ開度（%）を目標開度より小さく見積もって設定するため、黒煙の発生が抑制される。

【0066】

また、図4においてフィードバック制御実行中は、EGRバルブ開度epegfinがチャタリング限界開度epegofの下限値より下回らないうちはフィードバック制御が継続される。そして、EGRバルブ開度epegfinがチャタリング限界開度epegofの下限値を一旦下回った後、再びその上限値を超えたときには常にEGR復帰制御（オープンループ制御）に移行し、まず目標開度より小さな設定開度に保持される。よって、EGRバルブ開度がチャタリング限界開度epegofを挟んで上下を繰り返す場合、フィードバック制御であればEGRバルブ32のハンチングが比較的大きくなるが（同図二点鎖線）、EGR復帰制御の採用によりEGRバルブ32のハンチングが比較的小さく抑制される（同図実線）。

【0067】

図5は、EGR復帰制御の制御内容を示すフローチャートである。このプログ

ラムは、ECU3に内蔵されたメモリ71に記憶されており、エンジン運転中においてマイコン70により所定時間（例えば10ミリ秒）間隔で実行される。以下、このフローチャートに従ってEGR復帰制御について説明する。ここで、この処理で使用される記号は以下のようである。前回の演算値（EGRバルブ開度） $epegfinol$ 、今回の演算値（EGRバルブ開度） $tpegfin$ 、エンジン回転速度NE、燃料噴射量Qvである。

【0068】

まずステップ（以下、単に「S」と記す）10においては、EGR復帰制御開始条件が成立したか否かを判断する。すなわち、前回の演算値（EGRバルブ開度） $epegfinol = 0$ （全閉）、且つ、今回の演算値 $tpegfin \neq 0$ （開弁）、且つ、エンジン回転速度 $NE \geq NEo$ （例えば $NEo = 500 \sim 1000 \text{ rpm}$ 内の所定値）、且つ燃料噴射量 $Qv \geq Qvo$ が成立した場合は、EGR復帰制御条件が成立したと判断する。この第1の実施形態ではエンジン回転速度 $NE \geq NEo$ 、燃料噴射量 $Qv \geq Qvo$ の2条件をEGR判定条件に加えているが、この2条件は廃止してもよく、また、その他のEGR禁止条件が設定されている場合はその条件が不成立であることをEGR復帰制御開始条件成立の条件に加える。EGR復帰制御開始条件が成立すればS20に進み、不成立の場合はS30に進む。

【0069】

S20では、判定フラグFをオンにするとともに、フィードバック制御禁止設定をする。フィードバック制御禁止設定では、PID演算式の比例項（P項）を「0」に設定し且つ積分項（I項）の更新を禁止する。

【0070】

S30では、判定フラグFがオンであるか否かを判断する。F=0であればS40に進み、F=0でなければS100に進む。

S40では、今回の演算値 $tpegfin$ （EGRバルブ開度%）が「0」でないか否かを判断する。 $tpegfin \neq 0$ であればS50に進み、 $tpegfin = 0$ でなければS90に進む。

【0071】

S50では、計時カウンタのカウント値Tをインクリメントする。

S60では、計時カウンタのカウント値Tが設定時間To（例えば500ミリ秒）以下であるか否かを判断する。T≤Toが成立すればS70に進み、不成立であればS80に進む。

【0072】

S70では、今回の演算値（EGRバルブ開度）tpegfinに設定開度（epegof+EPEGRAD）を設定する。

S100では、今回の演算値tpegfinを最終演算値epegfin（EGRバルブ開度%）として設定するとともに、この最終演算値epegfinを次回の処理に使用するために前回演算値（EGRバルブ開度）epegfinolとして記憶する。

【0073】

このため、EGR復帰制御開始条件が成立したときは（S10）、フィードバック制御を禁止し、EGRバルブ開度を設定開度に維持するオープンループ制御が開始される（S20～S70）。そして、計時カウンタのカウント値Tが設定時間To（例えば500ミリ秒）に達するまでの間、EGRバルブ開度が設定開度（epegof+EPEGRAD）に保持される。そして、S60において、カウント値Tが設定時間To（例えば500ミリ秒）を超過するとS80に進む。

【0074】

S80では、今回の演算値（目標開度）tpegfinを今回の演算値tpegfinとしてセットするとともに、計時カウンタのカウント値Tをクリアし（T=0）、且つ判定フラグFをオフにする（F=OFF）。例えば目標開度（今回の演算値）tpegfin=60%、設定開度20%とすれば、EGR復帰制御開始から設定開度20%に設定時間To（例えば500ミリ秒）の間保持され、設定時間Toを経過すると、目標値である今回演算値60%に立ち上がりフィードバック制御に移行する。

【0075】

またEGR復帰制御実行中に、今回の演算値tpegfin、すなわちEGRバルブ開度（%）が「0」となったときは、S90に進むことになる。

S90では、計時カウンタをクリア（T=0）するとともに、判定フラグFをオフ（F=OFF）にする。この結果、EGR復帰制御が終了する。つまりEGR

復帰制御が開始されると、今回の演算値 t_{pegfin} が「0」になるか、設定時間 T_0 を経過するかのどちらかの場合に、EGR復帰制御は終了する。

【0076】

ECU3は、EGR復帰制御ルーチンで毎回決まる最終演算値 e_{pegfin} に基づき負圧調整弁36または負圧切替弁35を制御し、EGRバルブ32の開度を制御する。

【0077】

この第1の実施形態によれば、以下の効果を得ることができる。

(1) EGR復帰時にはEGRバルブ開度(%)を予め目標開度より小さく設定した設定開度に設定時間 T_0 の間だけ保持するEGR復帰制御を採用した。従って、急加速・急減速・加速を短時間で繰り返す過酷なアクセル操作がなされた際のEGR復帰時に、過渡的にEGRバルブ32の上下流に過大な差圧が生じても、排気が吸気系へ過剰に還流されることを回避できる。従って、過剰な排ガスが排気循環通路31を流れるのを抑制し、排気系からの黒煙の放出を極力抑えることができる。

【0078】

(2) EGRバルブ32の上下流の差圧が安定するまでEGRバルブ32を全閉のまま待機して復帰時期を遅らせるのではなく、目標開度より小さな設定開度に開き排気が吸気系へ流入できるようにした。よって、EGR復帰制御実行中もEGRが実施されてNOx低減に寄与でき、しかも差圧を早期に定常状態に安定させることでEGR復帰制御を早期に終了させ通常のフィードバック制御に早く復帰させることができる。このため、本例では、設定時間 T_0 を200~1000ミリ秒の範囲内の短時間で済ませることができる。

【0079】

(3) 設定開度および設定時間 T_0 を、運転状態に影響されることのない所定の固定値としたので、設定開度や設定時間 T_0 を演算する必要がなく簡単な制御(プログラム)で済む。従って、処理能力の低い安価なマイコン70を使用した場合や、その他の多くの処理採用のためマイコン70の余力が少ない場合でも、十分対応できる。

【0080】

(4) EGR復帰制御実行中はフィードバック制御を禁止し、EGR復帰制御をオープンループ制御で行うとした。このため、EGR復帰制御実行期間でEGR量が安定しにくいために新気量がばらつくことが原因でPID制御の特に積分項の誤学習によって引き起こされることが懸念されるEGRバルブ32のハンチング現象を回避できる。

【0081】

(5) 負圧作動式のEGRバルブ32の場合、一定リフト量に保持できる安定開度域には下限（チャタリング限界開度）があるが、設定開度を一定の固定値としておくことで、設定開度を変動値とした場合に小開度領域で懸念されるチャタリング現象も回避できる。

(第2の実施形態)

次にEGR復帰制御の第2の実施形態について図6～図8に基づいて説明する。なお、図6はEGR復帰制御を説明するタイミングチャート、図7はEGR復帰制御処理のフローチャート、図8はEGR復帰制御でのEGRバルブ開度の調整内容を示す。

【0082】

この実施形態では、EGR復帰制御開始条件の判断内容と、EGR復帰制御でのEGRバルブ開度の調整内容が、前記第1の実施形態と異なる。

エアフローメータ44により検出される実吸入空気量GAが少ないと、適正なEGR率を保証できなくなるその上限として所定値（設定吸入空気量）GAoを設定し、 $GA \leq GAo$ が成立することを、EGR復帰制御開始条件の1つとして採用している。実吸入空気量GAがこの設定吸入空気量GAo以下と少ないとときは、EGRバルブ開度を目標開度より小さく制限する。なお、前記第1の実施形態で採用していた他のEGR復帰制御開始条件（エンジン回転速度条件や燃料噴射量条件）を加えることも可能である。

【0083】

EGR復帰制御におけるEGRバルブ開度の調整内容は、図8のグラフに示すとおりである。このグラフにおいて横軸は時間、縦軸はEGRバルブ開度（リフ

ト量) (%) である。前記第1の実施形態のEGR復帰制御では、EGRバルブ32を設定開度に設定時間T₀だけ保持し終わると、直ちに目標開度(今回の目標演算値)に復帰させた。これに対し、本実施形態のEGR復帰制御では、EGRバルブ開度(%)を設定開度に設定時間T₀だけ保持した後、EGRバルブ開度を設定開度から徐々に増加(漸増)させる方法を採用している。つまり、設定開度に一定に保持される一定保持域と、設定開度から目標開度まで徐々に変化(増加)する徐変域(漸増域)とが設定されている。なお、設定時間T₀は前記第1の実施形態の値より短く設定し、EGR復帰制御実行期間の終了時期を第1の実施形態とおおよそ揃えるようにしている。もちろん、設定時間T₀やEGR復帰制御実行期間は、設計思想などに応じて適宜変更可能である。

【0084】

一方、設定開度は、前記第1の実施形態と同じ値を採用している。もちろん、前記第1の実施形態に揃える必要はなく、EGRバルブ32の機構上の事情(負圧作動式など)や設計思想などに応じて適宜変更可能である。さらに第1の実施形態で他の例として述べたような設定開度を設定してよいことは当然である。例えば運転状態に応じて決まる可変の値、目標開度に対して一定の割合(%)の値、EGRオフからオンに移行する前の所定時間(例えば0.5~2秒)内におけるエンジン負荷の最大値に応じて決まる可変の値などを設定してよい。

【0085】

次に、図7に示すフローチャートに従ってEGR復帰制御処理について説明する。なお、このプログラムは、ECU3に内蔵されたメモリ71に記憶されており、マイコン70により所定時間(例えば10ミリ秒)間隔で実行される。

【0086】

まずS210においては、EGR復帰制御開始条件が成立したか否かを判断する。すなわち、前回の演算値(EGRバルブ開度) $epegf1nol = 0$ (閉弁)、且つ、今回の演算値(目標開度) $tpegf1n \neq 0$ (開弁)、且つ、実吸入空気量GA $\leq G A_0$ が成立した場合は、EGR復帰制御条件が成立したと判断する。もちろん第1の実施形態で採用したエンジン回転速度NE $\geq N E_0$ 、燃料噴射量Qv $\geq Qv_0$ の2条件をEGR判定条件に加えてもよいし、また、その他のEGR禁止条件

が設定されている場合はその条件が不成立であることをEGR復帰制御開始条件成立の条件に加えててもよい。EGR復帰制御開始条件が成立すればS220に進み、不成立の場合はS230に進む。

【0087】

ここで、S220、S230、S240、S250、S260、S270の処理は、前記第1の実施形態におけるS20、S30、S40、S50、S60、S70の処理内容にそれぞれ同じである。すなわちS220では判定フラグFをオンとし、フィードバック制御禁止設定をする。またS230では、判定フラグFがオンであるか否かを判断し、F=0であればS240に進み、F=0でなければS320に進む。そしてS240では、今回の演算値tpeginが「0」でないか否かを判断する。今回演算値tpegin=0でなければS250に進み、今回演算値tpegin=0であればS310に進む。S250では、計時カウンタをインクリメントする。S260では、カウント値Tが設定時間T₀以下であるか否かを判断する。T≤T₀であればS270に進み、T≤T₀でなければS280に進む。そしてS270では、今回の演算値（EGRバルブ開度）tpeginに設定開度（epegof+EPEGRAD）を設定する。

【0088】

S320では、今回の演算値tpeginを最終演算値epegfin（EGRバルブ開度%）として設定するとともに、最終演算値epegfinを次回の処理に使用するため前回演算値（EGRバルブ開度）epegfinolとして記憶する。

【0089】

このため、EGR復帰制御開始条件が成立したときは（S210）、フィードバック制御が禁止されオープンループ制御が開始される（S220～S270）。そして、設定開度に保持する経過時間（カウント値T）が設定時間T₀（例えば300ミリ秒）を経過するまでの間、EGRバルブ開度が設定開度（epegof+EPEGRAD）に保持される。そして、S260において、カウント値Tが設定時間T₀を超過すると、S280に進む。ここで、S250～270が一定保持域での開度調整処理であったのに対し、S280、S290、S300は、徐変域（漸増域）での開度調整処理に相当する。

【0090】

S280では、今回の演算値tpegfinが、前回の演算値epegfinolに漸増分 Δ pegfinを加えた値($epegfinol + \Delta$ pegfin)より大きいか否かを判断する。この判断は徐変域(漸増域)の終了条件をみるものである。この条件が成立すれば徐変処理(漸増処理)をし、不成立であれば徐変処理を終了する。例えば今回の演算値tpegfin=60%、前回演算値epegfinol=20%、漸増分 Δ pegfin=0.2%とすれば、 $60\% > (20\% + 0.2\%)$ となって上記条件は成立する。この条件が成立すればS290に進み、不成立であればS300に進む。

【0091】

S290では、前回の演算値epegfinolに漸増分 Δ pegfinを加えた値($epegfinol + \Delta$ pegfin)を、今回の演算値tpegfinとして設定する($tpegfin = epegfinol + \Delta$ pegfin)。すなわち徐変処理を実行する。そしてS320において、今回の演算値tpegfin($= epegfinol + \Delta$ pegfin)を最終演算値epegfinとして設定するとともに、最終演算値epegfinを前回の演算値epegfinolとして記憶する。

【0092】

こうして漸増開始以後の10ミリ秒毎の毎回の処理で、EGRバルブ開度(最終演算値)epegfinは、設定開度(epegof+EPEGRAD)から Δ pegfinずつ増加し、この値($epegfinol + \Delta$ pegfin)が今回の演算値tpegfin以上になると($tpegfin \leq epegfinol + \Delta$ pegfin)、S300に進む。

【0093】

S300では、今回の演算値(目標開度)tpegfinを今回演算値tpegfinとして設定するとともに、判定フラグFをオフにする(F=OFF)。こうしてEGR復帰制御は終了し、フィードバック制御に移行する。

【0094】

先に例示したように今回の演算値tpegfin=60%、前回演算値epegfinol=20%、漸増分 Δ pegfin=0.2%とすると、徐変処理では、設定開度20%から10ミリ秒毎に0.2%ずつ増加する割合で漸増し、約200ミリ秒後に目標開度である今回の演算値tpegfin=60%に到達する。そして、目標開度60%に達すると判定フラグF=OFFに設定され、オープンループ制御を終了する。そし

て、これ以後は今回の演算値 t_{pegfin} を目標開度とするフィードバック制御が行われる。なお、EGR復帰制御が開始されてから、カウント値 T が設定時間 T_0 を超えるか、今回の演算値 t_{pegfin} が「0」となれば、その時点でEGR復帰制御は終了される。

【0095】

この第2の実施形態によれば、前記第1の実施形態で述べた効果（1）～（5）と同様の効果が得られる他、以下の効果を得ることができる。

（6）設定開度から目標開度に徐々に近づく徐変域を設定したので、EGR復帰制御からフィードバック制御への移行をスムーズに行える。例えばオーバーシュートなどが起きにくくなる。

【0096】

（7）EGR復帰制御開始条件の1つとして、実吸入空気量GAをみるとことし、実吸入空気量GAが設定吸入空気量GA₀以下と少ないときに限り、EGR復帰制御を実施するようにした。すなわち、EGRバルブ32を目標開度に開弁させたときに過大な差圧によって過剰なEGRガスが吸気系へ還流されると、実吸入空気量GAが少ないために実EGR率が要求EGR率を超えることが懸念される場合に限り、EGR復帰制御が実施される。従って、不要にEGR量が低減され頻度を極力抑えることができる。

【0097】

なお、実施の形態は上記のみに限定されるものではなく、以下の変形例を採用することもできる。

○ EGR復帰制御の制御内容は、前記第1の実施形態（図3）や第2の実施形態（図8）に限定されない。例えば図9～図15のような制御内容を採用することができる。図9および図10は、EGRバルブ開度を最初の一定時間（設定時間 T_0 ）だけ設定開度に保持した後、設定開度から目標開度まで漸増させる徐変域（漸増域）を持つものである。図9は、時間経過と共に単位時間当たり増加量が徐々に小さくなって目標開度に漸近するカーブを描く曲線で漸増する。一方、図10は、時間経過と共に単位時間当たり増加量が徐々に大きくなるカーブを描く曲線で漸増する。

【0098】

図11～図13は、EGRバルブ開度を制御実行期間全域で最初から徐変（漸増）させる徐変域（漸増域）を持つものである。EGRバルブ開度は全閉から目標開度まで徐変（漸増）する。図11は、EGRバルブ開度を時間に対して直線的に漸増させるものである。例えばEGRバルブ開度 Y_i は、 $Y_i = Y_{i-1} + A$ で表される。ここで、 Y_{i-1} は前回のEGRバルブ開度であり、 A はオフセット値（定数）である。図12は、EGRバルブ開度を時間に対して時間経過と共に単位時間当たり増加量が徐々に小さくなつて目標値に漸近するカーブを描く曲線で漸増させるものである。例えばEGRバルブ開度 Y は、 $Y = \Delta EGR / A$ で表される。ここで、 ΔEGR は、実値と目標値（EGRバルブ目標開度）との偏差であり、 A は定数である。図13は、EGRバルブ開度を時間に対して時間経過と共に単位時間当たり増加量が徐々に大きくなるカーブを描く曲線で漸増させるものである。例えばEGRバルブ開度 Y は、 $Y = A / \Delta EGR$ で表される。ここで、 ΔEGR は、実値と目標値（EGRバルブ目標開度）との偏差であり、 A は定数である。

【0099】

○ 図14に示すように、EGRバルブ開度を一定時間だけ全閉状態で待機させてもよい。つまり、EGRの実施開始時期を遅らせる制御である。これは、設定開度が「0」（全閉）に設定されたことに相当する。

【0100】

○ 図15に示すように、EGRバルブ開度を時間に対してステップ状に段階的に漸増させてもよい。

○ 図3および図8～15の制御内容（設定内容）に限定されない。各制御内容を組み合わせて目標開度に復帰するまでのEGR復帰制御実行期間において、複数の異なる制御内容を制御実行期間内で繰り返す方法も採用できる。例えば前記第2の実施形態の制御内容（図8）は、図3と図11を組み合わせた内容で、図15は、図3を2回繰り返す制御内容であるが、これと同様の考えに基づく繰り返しを採用する。例えば図13の次に図12の内容が採用されて開度のカーブがその途中で曲率が変わる変曲点を持つような制御内容を採用する。前記実施形

態の図8の次に図9を採用し、図8の時間に対する直線的な漸増の後、一定開度に一定時間保持しその後、単位時間当たりの増加量が徐々に小さくなる曲線で漸増するようとする。前記第2の実施形態の図8の次に図12を採用し、図8の時間に対する直線的な漸増の後、目標開度に緩やかに漸近するカーブを描く制御内容とする。図11の次に図12を採用し、図11の時間に対する直線的な漸増の後、目標開度に緩やかに漸近するカーブを描く制御内容とする。また複数の制御内容を組合わせる場合、各制御内容の繰り返し回数は2回以上の複数回を設定することができる。

【0101】

○ 前記実施形態及び別例では、EGR復帰制御実行中のEGRバルブ開度を決める設定内容として、一定保持域または漸増域を持つ制御内容を採用したが、開度が途中で小さくなる過程があっても構わない。

【0102】

○ 前記実施形態では、可変容量式過給機を搭載するディーゼルエンジンに適用したが、可変容量式でない過給機を搭載するディーゼルエンジンにも適用できる。さらにEGRバルブを搭載した内燃機関であれば特に限定されることなく適用することができる。例えば、急加速時は、一般にEGRバルブはオフとなるように制御されている。この場合は、EGRバルブがオフの間に、エンジン回転数が上昇し、EGRバルブの上流側と下流側の差圧が大きくなる。このように、運転条件によって、EGRがオフからオンになるまでの間に、EGRバルブの上流側と下流側の差圧が過大になることがあり、差圧が安定するまではEGRバルブの開弁初期に還流されるEGR量が増える傾向があるので、本EGRバルブの制御を採用することで、黒煙の発生を抑制することができる。

【0103】

○ 前記実施形態では、負圧作動式のEGRバルブを採用したが、EGRバルブの駆動方式は適宜選択できる。例えば電動モータをアクチュエータとするEGRバルブを採用できる。EGRバルブがモータ駆動方式であれば、負圧作動方式の場合に心配されるEGRバルブの開度が変動するチャタリング現象など負圧作動方式の欠点を解消することができる。このため、EGR復帰制御でEGRバル

ブの設定開度として設定できる範囲が微小開度側に広がりその設定の自由度が増すため、負圧作動方式では制限されていた微小開度領域にもきめ細かく最適値を設定することができる。

【0104】

以下、前記各実施形態及び別例などから把握される技術的思想を記載する。

(1) 請求項1、5、7～11のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、前記制御手段は、前記設定開度に一定時間保持した後に漸増するようEGR弁の開度を制御することを特徴とする。

【0105】

(2) 請求項6又は7において、前記徐変域は、前記EGR弁の開度変化が時間に対して徐々に増加する漸増域であることを特徴とする。

(3) 請求項2～5のいずれか一項に記載の内燃機関のEGR制御装置において、

前記EGR弁が全閉から目標開度に至るまでの開度変化には、前記EGR復帰制御時に全閉から開度を立ち上げた段階で目標開度より小さな一定の設定開度に保持する一定保持域が設定されていることを特徴とする内燃機関のEGR制御装置。

【0106】

(4) 請求項2～4のいずれか一項の発明において、前記EGR弁が全閉から目標開度に至るまでの開度変化には、EGR判定がオフからオンに切替わっても前記EGR弁を全閉のまま設定時間保持する全閉保持域が設定され、該設定時間の経過後に前記EGR弁の開度を全閉から目標開度まで上昇させるように設定されていることを特徴とする。

【0107】

(5) 請求項1～8のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記設定時間を固定値として設定することを特徴とする。

(6) 請求項1、5、7のいずれか一項に記載の発明において、前記制御手段は、前記設定開度を固定値として設定することを特徴とする。

【0108】

【発明の効果】

以上詳述したように請求項1、5～7、9～11の発明によれば、EGR装置を備えた内燃機関のEGR制御装置において、EGR弁を全閉状態から開弁させるとときにEGR弁は目標開度より小さな設定開度に設定時間だけ保持されてから目標開度に至るので、排気圧と吸気圧の差圧が過渡的に定常時より過大となっていても、排気が吸気系へ過剰に還流することを抑制できる。例えば排気系からの黒煙の放出を少なく抑えることができる。

【0109】

請求項2～11の発明によれば、EGR装置と過給機とを備えた内燃機関のEGR制御装置において、EGR弁を全閉状態から開弁させるとときに、EGR弁は過渡的に定常時より過大となった排気圧と吸気圧の差圧が定常状態に略安定するまで時間的な遅れを伴って目標開度に至るので、排気が吸気系へ過剰に還流されることを抑制できる。例えば排気系からの黒煙の放出を少なく抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

一実施形態のディーゼルエンジンを示す概略構成図。

【図2】

EGR判定用のマップ図。

【図3】

EGR復帰制御を説明するグラフ。

【図4】

EGR復帰制御を説明するタイミングチャート。

【図5】

EGR復帰制御を示すフローチャート。

【図6】

第2の実施形態におけるEGR復帰制御を説明するタイミングチャート。

【図7】

EGR復帰制御を示すフローチャート。

【図8】

ＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図9】

別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図10】

図9と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図11】

図10と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図12】

図11と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図13】

図12と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図14】

図13と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【図15】

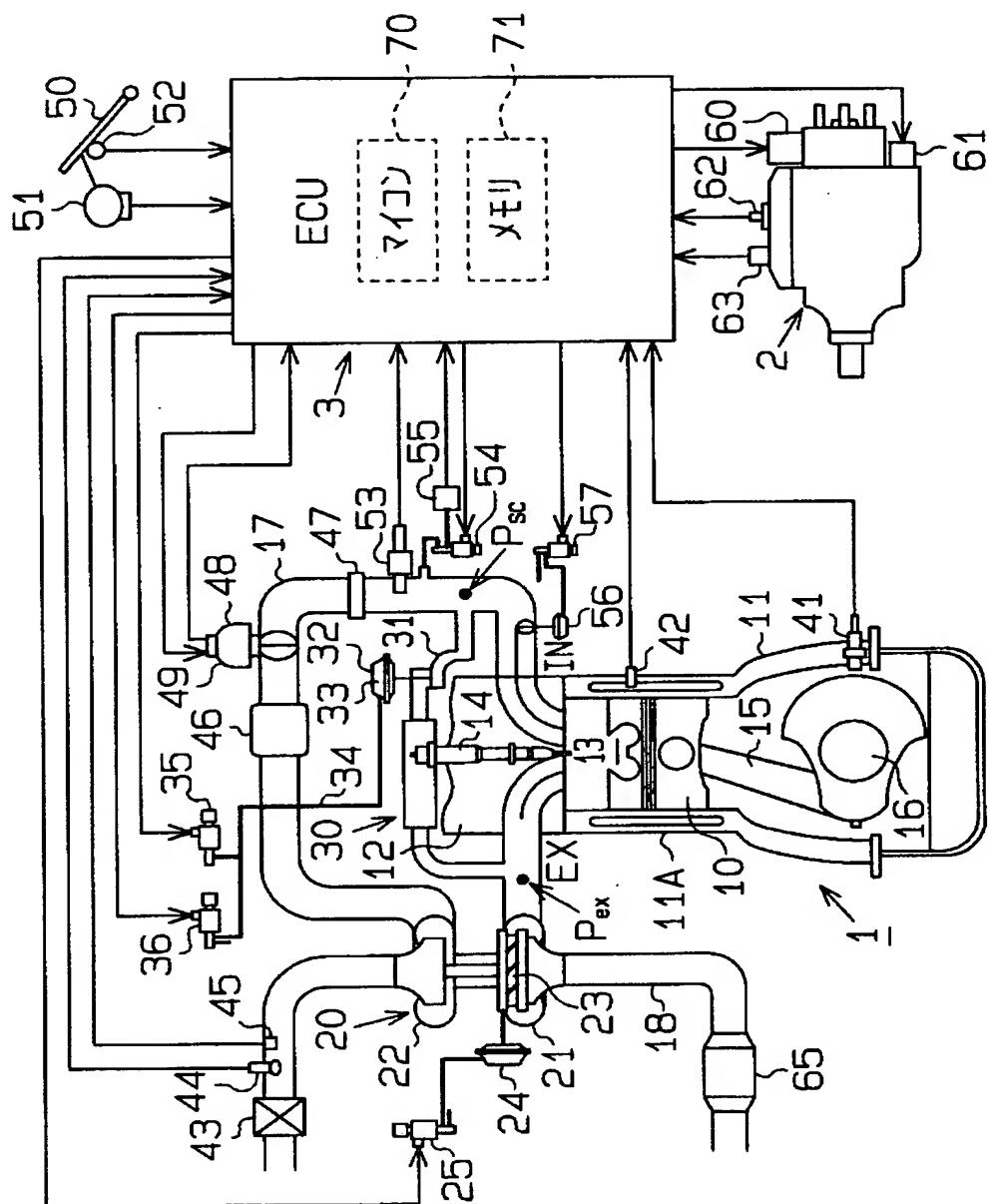
図14と異なる別例のＥＧＲ復帰制御を説明するグラフ。

【符号の説明】

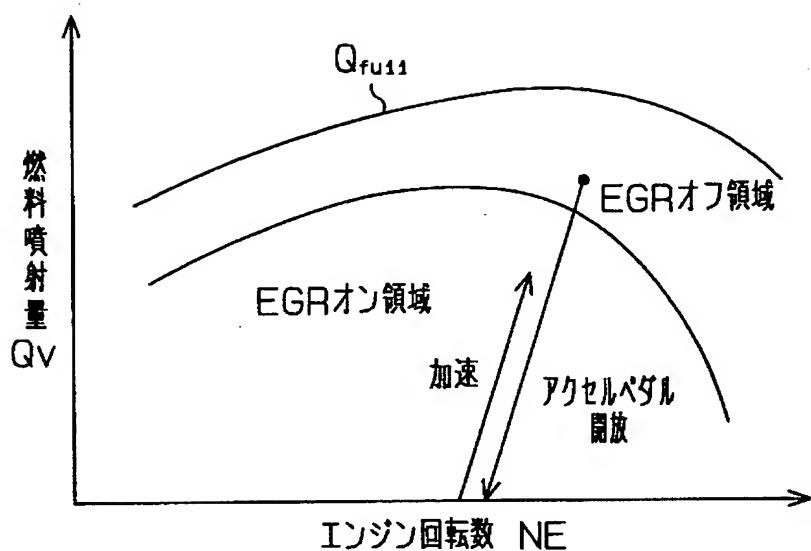
1…内燃機関としてのディーゼルエンジン、2…燃料噴射ポンプ、3…制御手段を構成する電子制御ユニット（ＥＣＵ）、14…燃料噴射ノズル、17…吸気通路、18…排気通路、20…過給機としての可変容量ターボチャージャ、21…タービン、22…コンプレッサ、23…可変ベーン、30…ＥＧＲ装置（排気再循環装置）、31…排気循環通路、32…ＥＧＲ弁としてのＥＧＲバルブ、35…制御手段を構成する負圧切替弁、36…制御手段を構成する負圧調整弁、44…検出手段を構成するエアフローメータ、50…アクセルペダル、70…制御手段を構成するマイコン、71…制御手段を構成するメモリ、T…設定時間。

【書類名】 図面

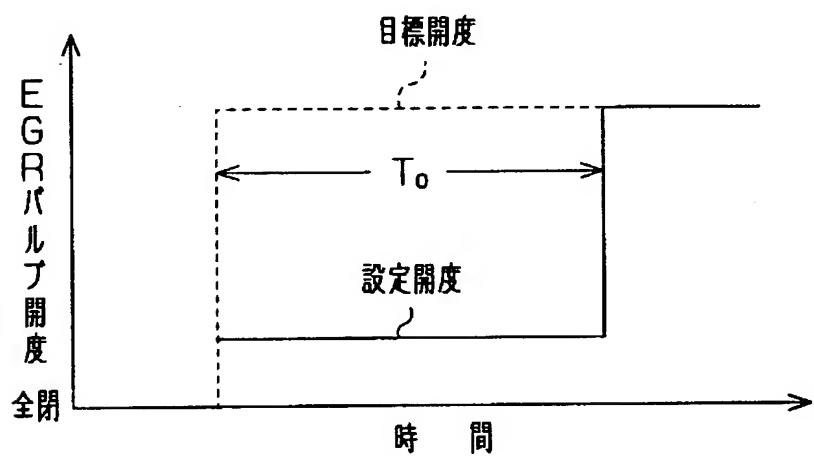
【図1】



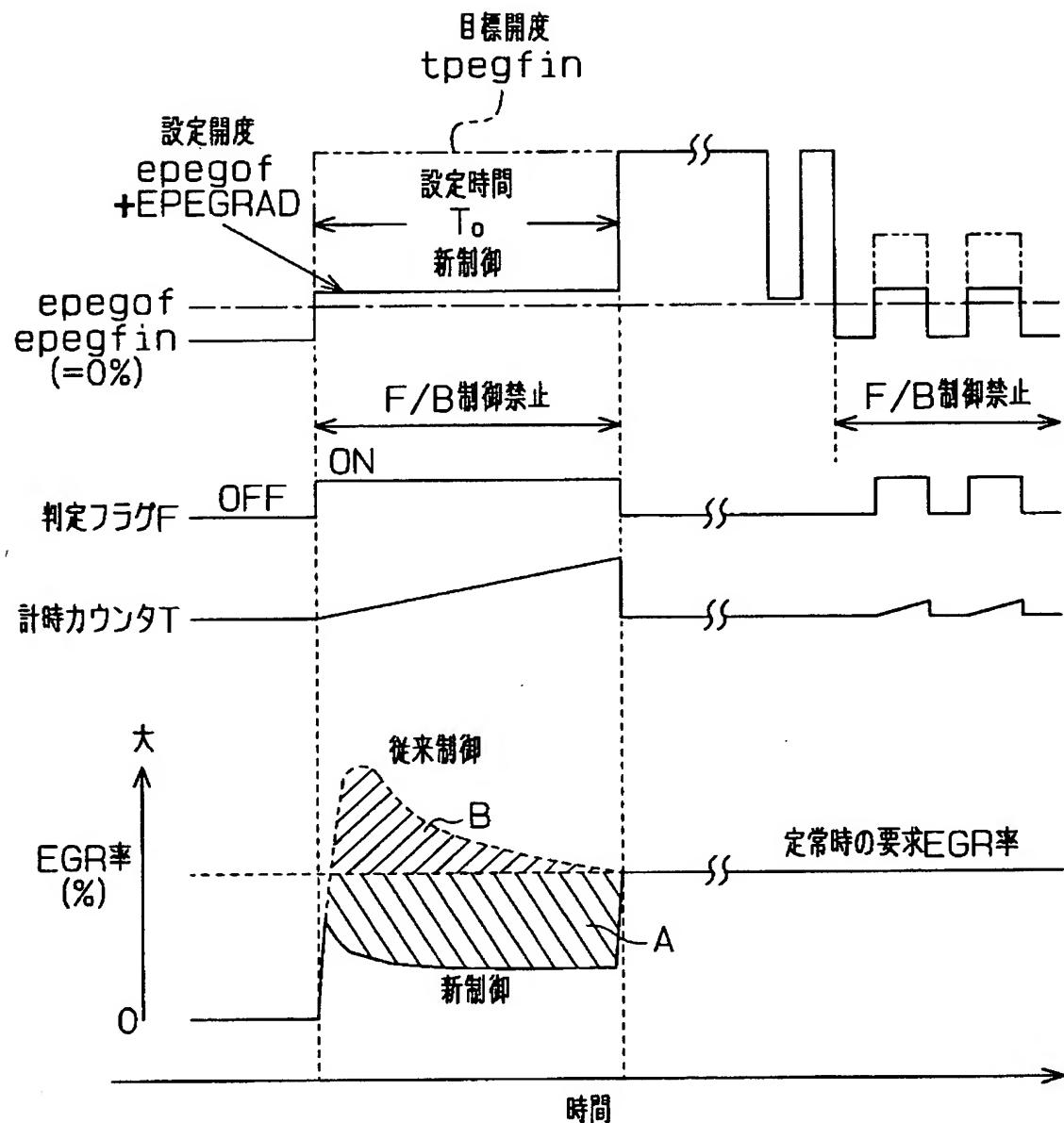
【図2】



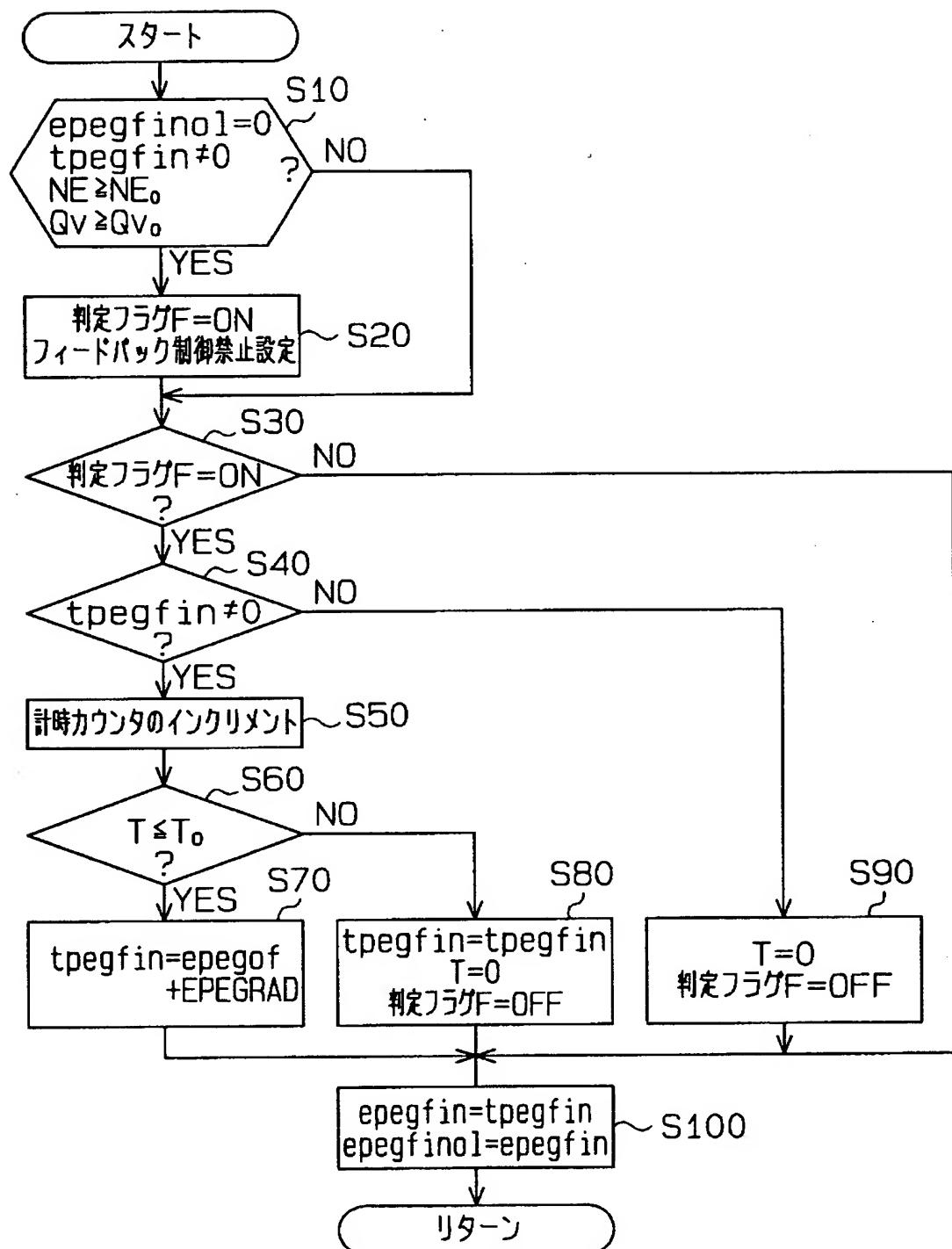
【図3】



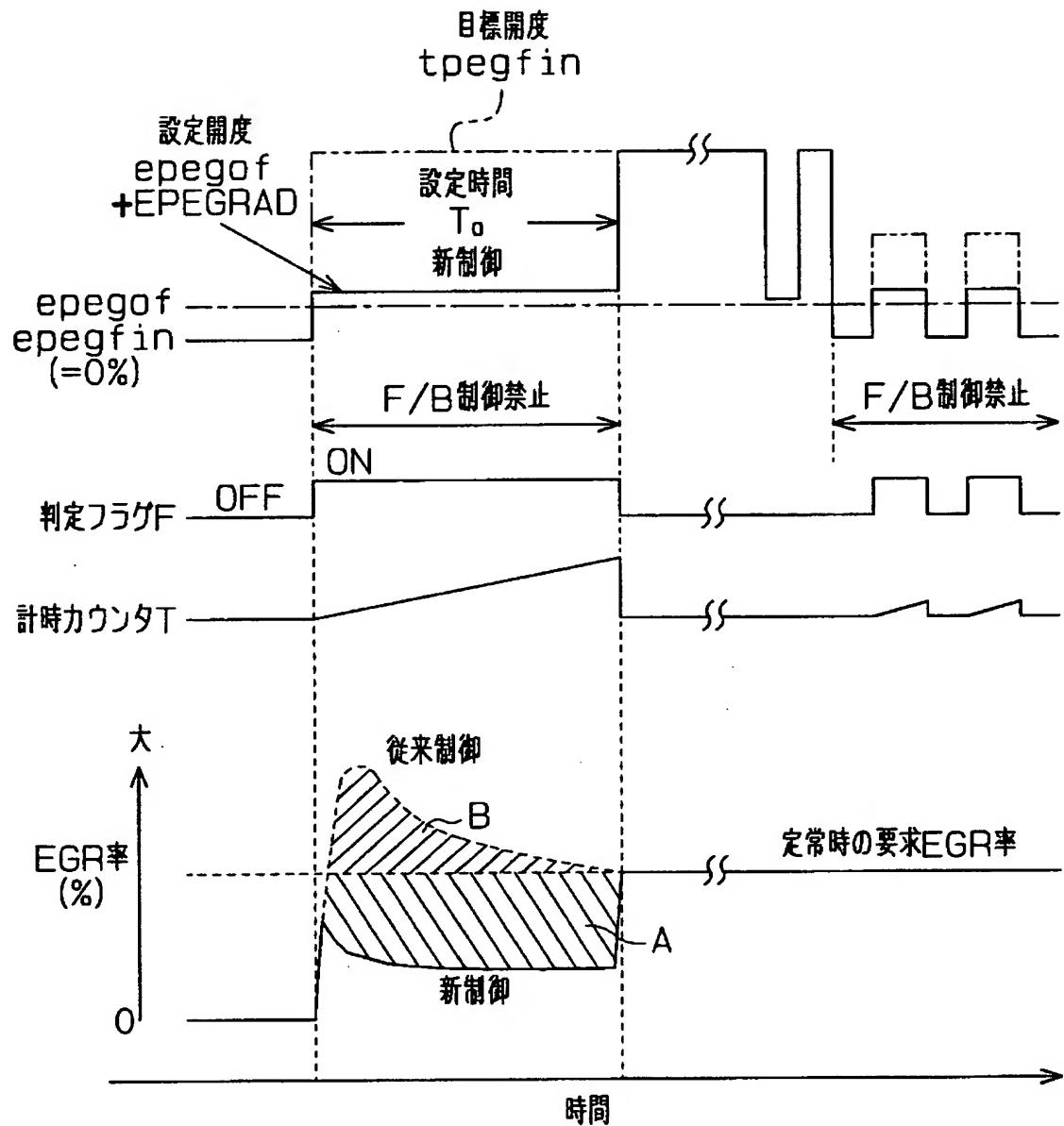
【図4】



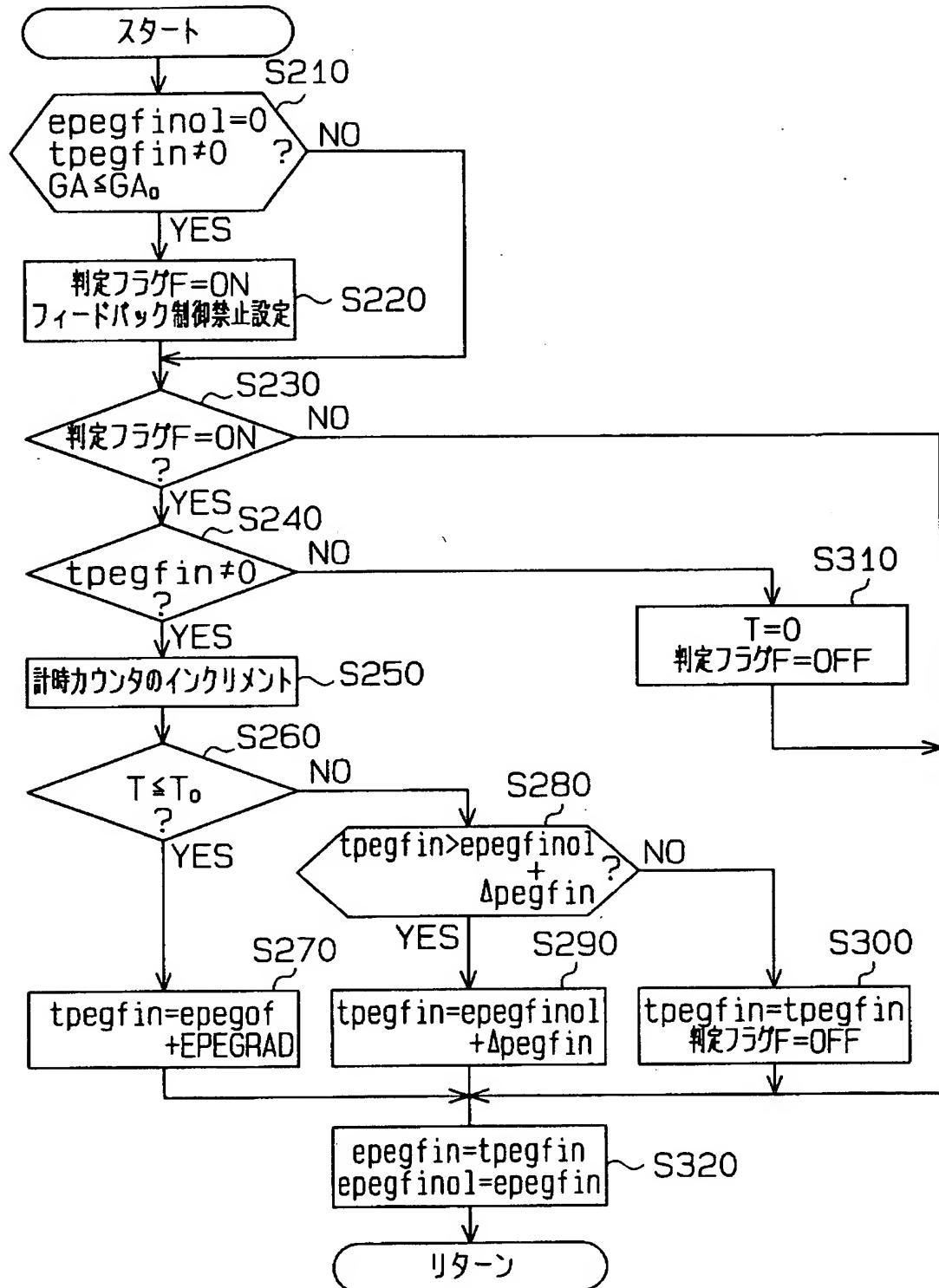
【図5】



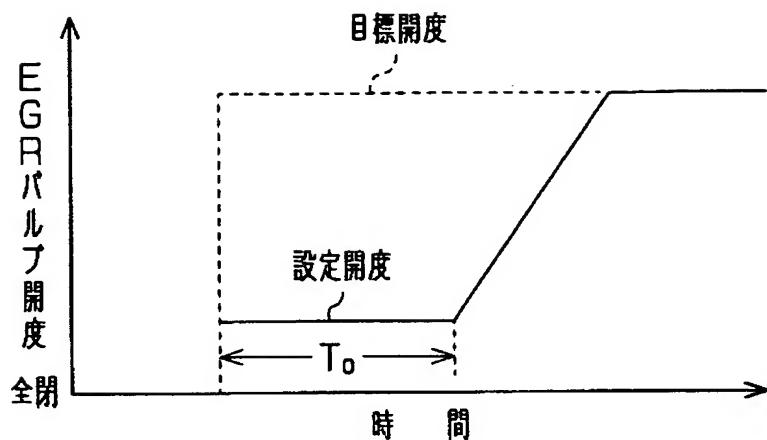
【図6】



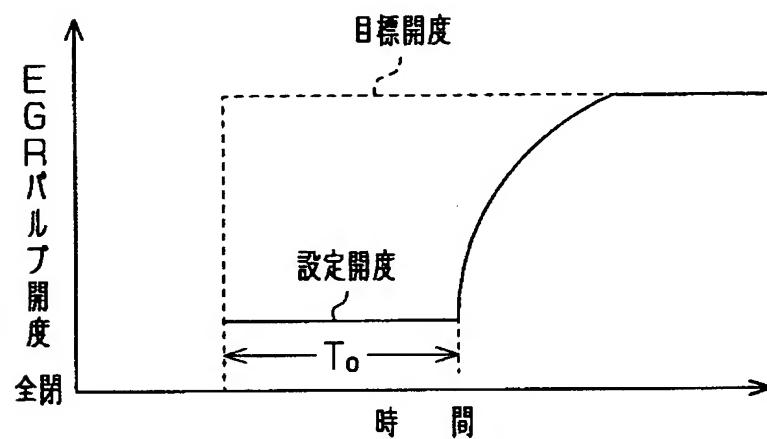
【図7】



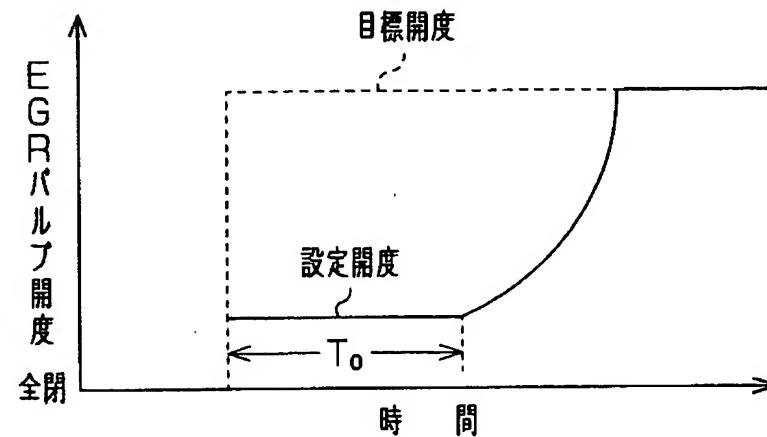
【図8】



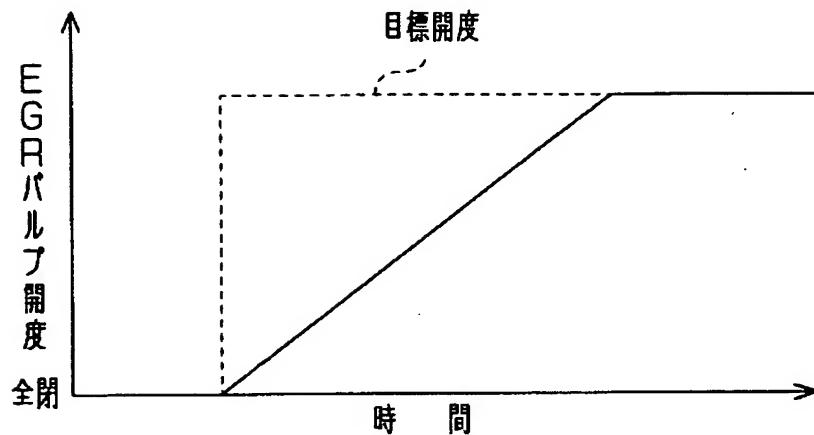
【図9】



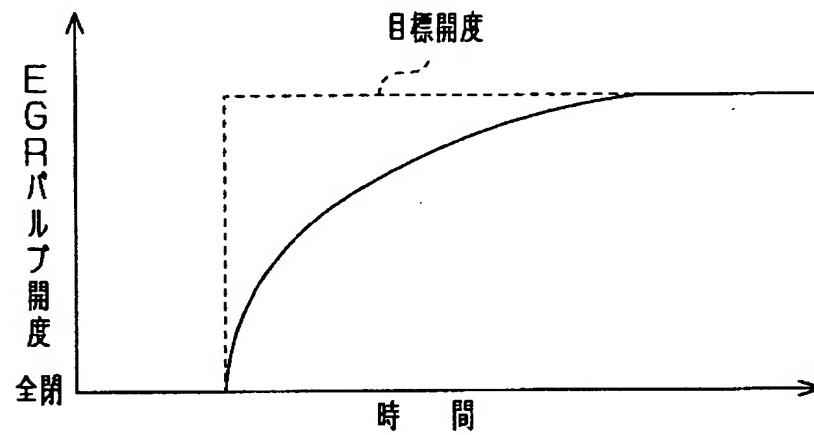
【図10】



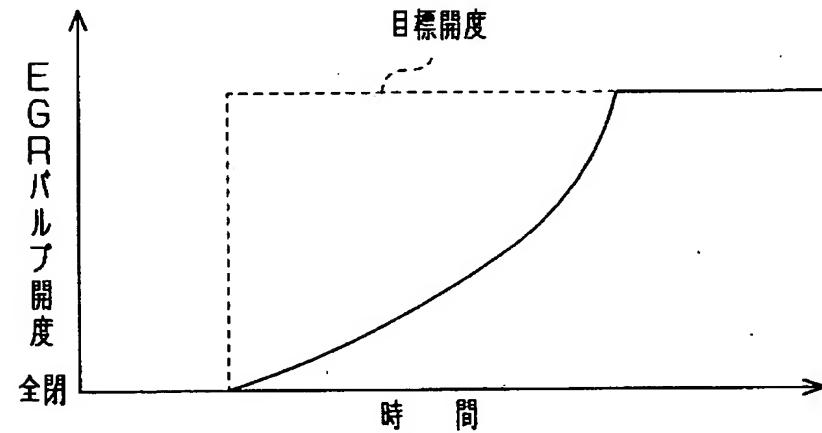
【図11】



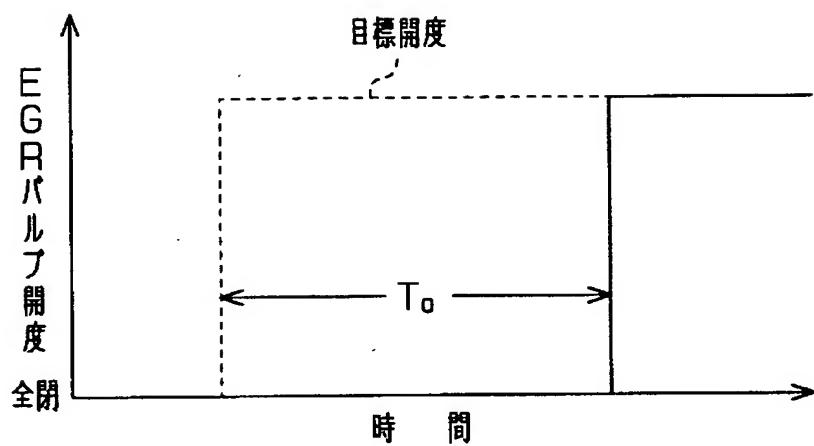
【図12】



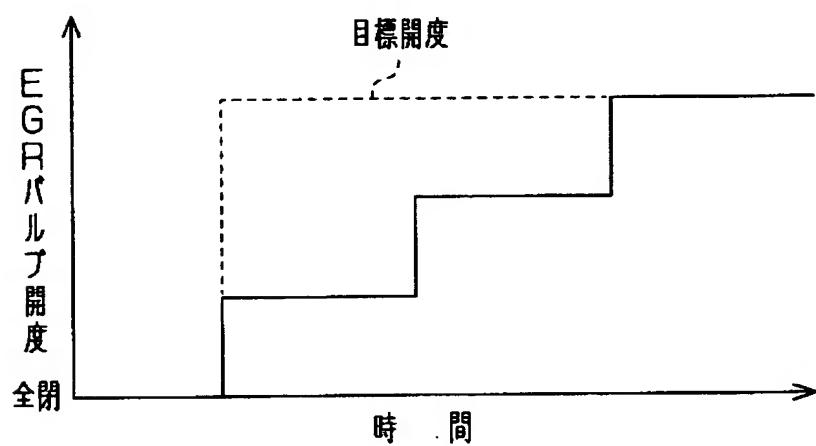
【図13】



【図14】



【図15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 EGR弁を全閉状態から開弁させるときに、排気圧と吸気圧の差圧が定常時より過大であっても、吸気系へ過剰な排気が還流されることを抑え、例えば排気系からの黒煙の放出を少なく抑える。

【解決手段】 電子制御ユニット（ECU）は、判定フラグFがオフからオンに切り替わって、全閉状態にあるEGRバルブをそのときの目標開度（同図中の二点鎖線）に開弁させるEGR復帰制御を行う。このEGR復帰制御時は、全閉状態にあるEGRバルブをまず目標開度より小さな設定開度（epegof+EPEGRAD）に開き、この設定開度に開く状態を設定時間T0だけ保持した後、目標開度に復帰させる。

【選択図】 図4

出願人履歴情報

識別番号 [000003218]

1. 変更年月日 2001年 8月 1日

[変更理由] 名称変更

住 所 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地

氏 名 株式会社豊田自動織機

出願人履歴情報

識別番号 [000003207]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名 トヨタ自動車株式会社